

安全生产管理智能化 机械制造业解决方案 白皮书

—— 聚焦班组管理 · 特种设备 · 粉尘涉爆与职业健康 ——

版本号 v1.0

编写团队 精诺数据 · 智能安环产品线

一、前言

1.1 编写目的

本白皮书旨在面向机械制造业的生产经营单位、行业主管部门及相关合作伙伴，系统阐述"安全生产管理智能化"平台在机械制造业的定位、核心能力、场景化解决方案与落地路径，帮助行业用户清晰理解产品价值，加速安全生产管理的数字化、智能化转型升级。

1.2 行业概览

机械制造业覆盖通用设备、专用设备、汽车零部件、工程机械、轨道交通、船舶、航空航天部件等众多细分领域，典型工艺涉及下料、冲压、机加工、焊接、喷涂、热处理、装配、测试等。《工贸企业重大事故隐患判定标准（2023）》与《工贸行业重点可燃性粉尘目录》明确将机械、有色、冶金、轻工等行业的粉尘涉爆企业、铝镁涉水区域、有限空间、液氨制冷等列为重大监管对象。机械制造业事故类型虽然相对分散，但机械伤害、触电、物体打击、灼烫、高处坠落等事故长期位居工贸行业死亡事故前列。

1.3 政策与合规趋势

近年来，新《安全生产法》、《工贸企业重大事故隐患判定标准》、《危险化学品安全管理条例》、《职业病防治法》等法律法规密集修订出台，企业主体责任、全过程留痕、信息化接入、风险分级管控要求持续强化；各级应急管理部门通过"四不两直"检查、数字化监管平台接入、企业安全信用评级等方式，持续加码全过程、全链条监督。企业若未能有效落实法定安全义务，不仅面临高额罚款、停产整顿等行政处罚，还可能承担刑事责任。

传统粗放式安全管理已难以为继，依托数字化、智能化手段构建覆盖风险辨识、动态监控、流程闭环、合规自检的现代化安全管理体系，已成为行业的必然选择。

1.4 适用读者

本白皮书适用于机械制造业企业的主要负责人、安全总监 / EHS 负责人、生产与设备负责人、信息化负责人、车间主任 / 班组长，以及对本行业安全智能化感兴趣的行业协会、研究机构、监管部门与合作伙伴。

二、行业现状与挑战

2.1 行业现状

机械制造业企业数量众多、规模跨度大、自动化水平差异明显。近年来行业正加速向智能制造升级，但在大量中小企业中，安全管理仍以经验管理、人工巡检为主，基础数据薄弱、制度执行形式化、班组长责任落地困难等问题仍较为突出。

2.2 主要挑战

- **事故类型分散但频次高：**机械伤害、触电、物体打击、灼烫、高处坠落等事故每年仍是工贸行业死亡事故 TOP5。
- **特种设备密集：**行车、叉车、压力容器、压力管道、电梯、焊接设备等种类多、数量多，资质、检测、维保管理复杂。
- **可燃粉尘风险隐蔽：**打磨、抛光、木工、金属加工过程产生的铝粉、镁粉、木粉、纤维粉尘等存在爆炸风险，常因除尘系统失效引发事故。
- **职业病防治任务重：**噪声、焊接烟尘、有机溶剂、手传振动是机械行业高发职业病危害因素。
- **外协/派遣用工比例高：**班组混编、流动性强，培训落实与行为管理挑战大。

2.3 智能化转型的迫切性

机械制造业车间场景多样、岗位众多，信息化基础参差，智能化改造需要“低门槛、高落地”。平台以班组级双控、AI 视频识别、特种设备电子档案、职业健康数字化等切入点，以较小的投入即可带来可感知的安全管理提升。

三、产品概述

3.1 产品定位

本产品是一款面向政府监管部门与企业用户的安全生产管理智能化平台，集"感知、分析、预警、处置、评估、优化"于一体，针对机械制造行业的工艺特征与风险特点进行了深度裁剪与强化，帮助企业实现风险动态监测、隐患智能排查、应急高效处置、监管精准化与决策科学化。

3.2 核心理念

我司秉承"精于数据，诺重千斤"的核心理念，致力于与客户共同构建更安全、健康、环保的生产环境。

- **以人为本，安全第一：**通过智能感知、行为识别与风险干预主动降低人为风险，全面提升一线作业人员的安全防护能力。
- **数据驱动，智能决策：**融合设备、环境、人员、流程四类多源异构数据构建统一数据底座，依托 AI 算法实现风险动态评估与辅助决策，让安全管理从"经验判断"迈向"数据说话"。
- **预防为主，关口前移：**基于实时监测与边缘计算对异常状态和潜在隐患进行毫秒级识别与分级预警，推动管理从"事后响应"向"事前预测、事中控制"转变。
- **全程覆盖，闭环管理：**贯穿"辨识—上报—整改—验收—复盘"全链路，打通"发现—处置—验证—优化"管理链条，确保每一项风险可追踪、可闭环、可追溯。
- **开放互联，协同共治：**微服务架构支持与企业 ERP、EHS、IoT、MES 等既有系统无缝对接；面向政府、企业、第三方提供标准化协同接口。

3.3 核心价值

- 从"被动应对"到"主动预防"，显著降低事故发生率。
- 打破数据孤岛，构建统一、可信的安全管理数字底座。
- 提升管理效率，将安全团队从重复性事务中解放，聚焦高价值的风险研判与策略优化。
- 满足合规要求，强化企业安全履责能力，从容应对监管检查与第三方审核。

- 开放可扩展，适配单厂、多厂、集团级多规模多场景部署需求。

四、技术架构

4.1 总体架构

本产品采用“云-边-端”一体化架构，构建多层次、全方位的安全生产智能化管理体系：

- **感知层：**部署各类传感器（温湿度、气体、振动、位移、视频、智能穿戴等），实现对人员、设备、环境、作业行为等关键要素的全面感知和数据采集。
- **边缘计算层：**在靠近数据源的边缘节点完成预处理、实时分析与本地决策，降低带宽压力、实现毫秒级响应。
- **网络层：**依托 5G、工业以太网、LoRa、NB-IoT 等多种网络构建稳定、可靠、安全的数据传输通道。
- **平台层（云端）：**包括业务中台、数据中台、AI 能力中台，沉淀通用业务能力、统一数据底座与行业算法模型。
- **用户层：**支持 PC 端、移动端（APP/小程序）、大屏展示多渠道接入。

4.2 关键技术

- **物联网（IoT）：**实现对生产环境、设备状态、人员行为的实时感知与数据采集。
- **人工智能（AI）：**包括计算机视觉、机器学习/深度学习、自然语言处理，用于违章识别、风险预测、法规问答、预案匹配等。
- **知识图谱：**整合法规、案例、参数、风险因素，支撑智能推理与辅助决策。
- **大数据：**对海量、多源、异构安全生产数据进行存储、清洗、融合、分析与挖掘。
- **云计算：**提供弹性计算、存储和服务能力，支撑平台稳定运行与快速扩展。
- **数字孪生（可选）：**构建生产场景的数字孪生体，支持模拟仿真、虚拟巡检、预案推演。
- **区块链（可选）：**用于关键安全数据（如整改记录、培训记录）的存证。

4.3 数据安全与隐私保护

- **数据加密：**传输与存储全程加密。
- **访问控制：**基于角色的访问控制（RBAC）。
- **脱敏处理：**涉及个人隐私与商业秘密的数据脱敏后再分析展示。

- 安全审计：操作全程留痕、可追溯。
- 合规性保障：严格遵守《网络安全法》《数据安全法》《个人信息保护法》等法律法规要求。

五、核心功能模块 —— 机械制造行业化方案

5.1 行业特色风险地图

| 典型区域 / 工序 | 典型风险情景 | 管控重点 |
|-----------|----------------|---------------------------|
| 冲压 / 剪板车间 | 手部/手臂卷入、防护装置失效 | 双手按钮/光幕联锁监控 + 违章操作识别 |
| 焊接 / 切割工位 | 弧光伤害、烟尘中毒、火灾 | 焊接烟尘监测 + 防护 PPE 识别 + 动火联动 |
| 喷涂 / 烘干区 | 有机溶剂中毒、爆炸、静电 | VOC 浓度监测 + 防爆设备巡检 + 禁烟区监控 |
| 打磨 / 抛光区域 | 铝镁粉尘爆炸、机械伤害 | 除尘系统监测 + 粉尘浓度监测 + 定期清扫记录 |
| 行车 / 叉车作业 | 起重伤害、车辆伤害 | 特种作业人员资质 + 路线管理 + 违章识别 |
| 装配 / 试验线 | 机械夹伤、高处坠落、电气伤害 | SOP 可视化 + PPE 识别 + 高处作业票 |

5.2 班组级双重预防与隐患排查

- 按"厂区—车间—班组—岗位"四级风险单元划分，每个班组长拥有专属隐患排查清单与整改看板。
- 班前会数字化：平台内嵌班前会功能，自动推送昨日未闭环隐患、今日作业风险提示、安全知识要点，支持语音签到。
- "随手拍"隐患上报：任何员工扫码上传隐患，按类别自动派单至责任班组，整改时限默认自动计算。
- 隐患复发识别：系统自动识别同一岗位 3 个月内重复发生的同类隐患，升级到上级督办。

5.3 教育培训与安全素养提升

- 内置 6000+ 机械制造行业专用安全课件，覆盖三级教育、特种作业、班组长、管理干部等全岗位培训需求。

- 三级安全教育电子化：厂级—车间级—班组级培训记录、考试成绩、签名一键归档，规避"形式主义培训"风险。
- "理论 + 实操"双考核：线上考试合格后方可进入实操考核，实操由师傅现场打分并拍照上传。
- 特种作业复证提醒：电工证、焊工证、叉车证、起重机械证等到期前 90/60/30 天三级预警，规避"无证上岗"风险。
- 错题本 + 积分排行：激发员工学习积极性，塑造"人人学安全"的班组文化。

5.4 特种设备与相关方协同管理

- "一机一档"：行车、叉车、压力容器、压力管道等设备的出厂资料、检验报告、维保记录、作业人员资质一屏展示。
- 检验到期预警：在用特种设备法定检验到期前自动预警，防止"超期未检"行政处罚。
- 外委/派遣人员准入：含劳务公司资质、工伤保险、背景核查、入厂教育、考试成绩在内的"六项核查"电子化完成后方可开通厂区权限。
- 作业现场 AI 识别：叉车非指定路线、行车下方站人、焊接无隔离措施等违章自动抓拍生成隐患任务。

5.5 职业健康全周期管理

- 噪声、焊接烟尘、手传振动、有机溶剂、金属粉尘等接害岗位自动生成岗前、在岗、离岗体检计划。
- 接害岗位 PPE 基于危害因素智能匹配（如焊工：焊接面罩、阻燃服、防烫护目镜、防尘口罩）。
- 二维码危害告知卡张贴于作业现场，员工扫码即可查看本岗位危害因素、防护要求、应急措施与体检周期。
- 体检异常 + 职业禁忌证自动触发调岗建议流程，形成"体检—评估—干预—复查"闭环。

5.6 粉尘涉爆专项管控

- 按《工贸行业可燃性粉尘重大事故隐患判定标准》内置专项检查表，系统自动对标打分。
- 除尘系统运行参数（风量、风压、温度、差压）在线监测，停机、堵塞自动报警。
- 铝镁涉水工序设置电子围栏与专项巡检任务，严格落实"清洁生产、定期清理"要求。
- 可燃粉尘聚集高风险区域支持防爆摄像头 + 定期清扫记录双重管控。

5.7 事故事件与未遂事件管理

- 鼓励匿名上报未遂事件（Near Miss），应用海因里希法则从底层防范。
- 内置 5Why、鱼骨图、屏障分析模板，辅助班组长完成深度根因分析。
- 整改措施跨部门自动流转，典型案例脱敏后沉淀至安全知识库，支撑新员工警示教育。
- 多维事故数据看板辅助管理层识别高发工序、高发班组与重复性问题。

六、典型应用场景

6.1 焊接车间违章行为 AI 闭环

某机械加工厂焊接车间的 AI 摄像头实时识别到一名焊工未戴焊接面罩、未设置防弧光遮挡屏即进行弧焊作业。系统毫秒级抓拍并生成隐患任务，推送至班组长移动端。班组长 3 分钟内到场制止，现场补充遮挡屏、督促佩戴面罩后方可继续作业。该违章自动计入当事人安全积分，连续发生将强制参加补训。

6.2 铝镁粉尘打磨工序专项预防

某铝合金铸件打磨工序，除尘系统风压传感器数据在平台中持续走低，AI 预判 2 小时内将达到堵塞阈值，自动派发清理维护任务至设备班组。设备班组按任务指引完成除尘管道清理与滤袋更换，避免了因除尘系统失效积粉引发爆燃的重大风险，并在平台中上传维护前后对比照片形成闭环。

6.3 班组级日常安全管理落地

某装备企业推行“数字化班组”建设，班前会在平台内自动弹出昨日未闭环隐患、本日作业风险点与安全知识要点，员工语音签到 + 现场拍照完成记录。每周自动生成班组安全积分与违章统计，作为月度绩效考核依据。上线半年后，班组级隐患整改及时率从 61% 提升至 95%，未遂事件主动上报量提升 4 倍。

6.4 预期价值成效

- 班组级隐患排查执行率 $\geq 95\%$ ，隐患平均闭环周期缩短 50%。
- 特种作业证件过期率降至 0，“无证上岗”风险基本消除。
- 未遂事件上报量提升 3-5 倍，重复性事故起数下降 $\geq 40\%$ 。
- 职业健康体检覆盖率 100%，疑似职业病病例 100% 及时干预。
- 有效支撑《工贸企业重大事故隐患判定标准》自查及地方应急管理部门专项检查。

六、实施路径与保障

6.1 四阶段实施方法

| 阶段 | 主要工作 | 交付物 |
|------------------|----------------------------|---------------------|
| 一、需求调研与规划（4~6周） | 行业诊断、痛点梳理、模块选型、架构设计、ROI 测算 | 《需求规格书》《实施蓝图》 |
| 二、部署实施与集成（8~12周） | 基础环境搭建、核心模块上线、现场硬件部署、系统对接 | 可用系统环境 + 集成接口文档 |
| 三、试点运行与优化（4~8周） | 试点车间/装置运行、数据校准、算法优化、培训赋能 | 《试点运行报告》 《优化建议书》 |
| 四、全面推广与持续运营 | 全厂推广、数据运营、模型迭代、二期规划 | 年度运营报告、持续优化 |

6.2 机械制造行业模块优先级建议

结合机械制造行业生产特点与主要风险，建议按以下优先级分期实施，逐步扩展：

- **一期核心模块：**教育培训管理、双重预防管控、相关方（外协/派遣）安全管理、职业健康管理、特种设备档案。
- **二期扩展模块：**智能视频监控、事故事件管理、应急管理系统、粉尘涉爆专项、合规性评估。

6.3 服务保障体系

- 7×24 小时客户服务热线与在线工单支持。
- 行业解决方案专家 + 实施顾问 + 算法工程师组成专项服务团队。
- 每季度算法模型更新与法规库更新服务，保障平台持续符合最新要求。
- 年度客户联席会议与最佳实践分享，构建行业生态圈。

—— 全文完 ——

精诺数据 · 智能安环产品线

精于数据 诺重千斤